GUI สำหรับการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบกราวด์กริดของสถานีย่อยกระแสสลับโดยใช้แมตแล็บ กรณีศึกษา: 24000-416/240 v,2500 kVA, Delta-Wye Grounded,Transformer Yard ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

GUI for AC Substation Ground Grid Design Software Development Using MATLAB, Case Study : 24000-416/240 v, 2500 kVA, Delta-Wye Grounded,Transformer Yard within Kasetsart University, Bangkhen Campus

รศ. บุญชู เรืองพงศ์รีสุข
สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการสร้าง GUI สำหรับการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบกราวด์กริดของสถานีย่อยกระแสสลับโดยใช้แมตแล็บ ตามมาตรฐาน IEEE Std 80 – 2013 (Guide for Safety in AC Substation Grounding) ในผลงานวิจัยการพัฒนาซอฟท์แวร์ที่แล้ว ข้อมูลอินพุทป้อนที่คอมแมนด์วินโดว์ และข้อมูลเอ้าท์พุทเซฟไว้ในไฟล์สำหรับพิมพ์ออก งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซอฟท์แวร์ต่อเนื่องโดยมีจุดประสงค์ที่จะสร้าง GUI สำหรับซอฟท์แวร์นี้เพื่อให้มีการสื่อสารปฏิสัมพันธ์ระหว่างซอฟท์แวร์และผู้ใช้ GUI สามารถสร้างได้โดยใช้ GUIDE UI หรือโดยเขียน programmatic UI code file เอง งานวิจัยนี้เสนอการสร้าง GUI โดยใช้ GUIDE UI เท่านั้น

คำสำคัญ: MATLAB GUIDE , กราวด์กริด ,จีพีอาร์ , แรงดันสัมผัส ,แรงดันช่วงก้าว

Abstract

This research presents the creation of GUI for ac substation ground grid design software development using MATLAB as per IEEE Std 80 – 2013 (Guide for Safety in AC Substation Grounding). In the previous work of the software development , the input data were entered in the command window and the output data were saved in files for printout. This research is the continued software development. It is aimed to create GUI for the software in order to provide interactive communication between the software and users. GUI can be created either with GUIDE UI or writing your own programmatic UI code file. This research presents only the creation of GUI for the software using GUIDE UI.

Keywords: MATLAB GUIDE ,Ground grid, GPR, Touch voltage, Step voltage

1. บทนำ

1.1 สุตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$E_{touch50} = (1000 + 1.5\rho_s C_s)\frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{touch70} = (1000 + 1.5\rho_s C_s)\frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{step50} = (1000 + 6\rho_s C_s)\frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{step70} = (1000 + 6\rho_s C_s)\frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$C_s = 1 - \frac{0.09\left(1-\frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s+0.09}$$

$$R_g = \rho\left[\frac{1}{L_T}+\frac{1}{\sqrt{20A}}\left[1+\frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}}\right]\right]$$

$$I_G = D_f * I_g$$

$$D_f = \sqrt{1+\frac{T_a}{t_f}(1-e^{\frac{-2t_f}{Ta}})}$$

$$T_a = \frac{X}{2\pi f R}$$

$$I_g = S_f * I_f$$

GPR = $R_g * I_G$

$$E_m = \frac{\rho K_m K_i I_G}{L_m}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi}\left[ln\left(\frac{D^2}{16hd}+\frac{(D+2h)^2}{8Dd}-\frac{h}{4d}\right)+\frac{K_{ii}}{K_h}ln\left(\frac{8}{\pi(2n-1)}\right)\right]$$

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$K_i = 0.644 + 0.148n$$

$$L_m = L_c + L_R$$

$$E_s = \frac{\rho K_s K_i I_G}{L_s}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi}\left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D}(1 - 0.5^{n-2})\right]$$

$$L_s = 0.75L_c + 0.85$$

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

n_b = 1 กรณีกราวด์กริดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

n_c = 1 กรณีกราวด์กริดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า

n_d = 1 กรณีกราวด์กริดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปตัวแอล

สำหรับรูปแบบอื่น

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left(\frac{L_x L_y}{A}\right)^{\frac{0.7A}{L_x L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{{L_x}^2 + {L_y}^2}}$$

1.2 compliance criterior : (GPR < *Etouch*) or ((*Em* < *Etouch*) and (*Es* < *Estep*))

2. ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน (ρ)

จากการวัดโดยวิธี 3-pole Fall-of-Potential ค่าความต้านทานจำเพาะของดินในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ยประชากร 24.11 Ω-m โดยใช้โมเดลดินเนื้อเดียว(homogeneous soil)(Ruengpongsrisuk,B.(2018). A Comparative Study of the Protection Capability against Step Voltages and Touch Voltages Resulting from Different Formation of Multiple Ground Rods for a Grounding System : an In-Line and a Closed-Loop Equilateral Triangle or a Closed-Loop Hollow Square within Kasetsart University, Bangkhen Campus, Proceedings of the Sixth National Symposium and Third International Symposium on Innovation and Technology for Social Development ,Bangkokthonburi University,ITSD (1), 126 – 141.

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

สร้าง GUI โดยใช้ GUIDE ตามขั้นตอน ข้างล่างนี้

begin

- clear the workspace, clear the Graphics window, clear the Command window ;
- type guide at the command prompt;
- in the guide layout editor, design the layout to how you want the graphical part of the GUI to look like;
- for each object of the GUI, set its property value using the Property Inspector;
- save and run the GUI under any file name of your choice;
- MATLAB automatically generates two files: the .fig file contains the graphics of the GUI and the .m file contains all the code for the GUI;
- in the MATLAB editor, bring up a list of the functions within the .m file. add the appropriate programming code to the bottom of the code block in each function;
- save and run the .m file.

end

4 ผลการวิจัย

ผลการทดสอบซอฟท์แวร์นี้ โดยใช้ออกแบบกราวด์กริดของกรณีศึกษา: สถานีย่อยกระแสสลับ 24000-416/240 v , 2500 kVA , delta-wye grounded , transformer yard ภายใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน พื้นที่กราวด์กริด 12 ม.x 12ม. ป้อนข้อมูลดังต่อไปนี้

ข้อมูลระบบ: iF = 3609, tf = 0.5 , tc = 0.5 , ts = 0.5 , Df = 1.026 , Kf = 7.06 ,Sf = 0.6 , profac = 1.20 , bodywt = 50

ข้อมูลดิน : rho = 24.11 , rhos = 2500 , hs = 0.10

กรณีที่ 1

ข้อมูลกราวด์กริด: Lx = 12 , Ly = 12 , d = 0.00944 , Lr = 3 , roddia = 0.016 , **numrow = 3** , **numcol = 3** , numrod = 4 , h = 0.50 , perimeter_corner = 1

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณด้วยมือของกรณีที่ 1

Rg(Ω)	GPR(V)	Em(V)	Es(V)	Etouch(V)	Estep(V)
1.114983	2972.59	692.46	428.97	590.15	1868.47

ผลการออกแบบของกรณีที่ 1 ไม่ได้มาตรฐาน (NOT compliant) เนื่องจาก Em > Etouch

กรณีที่ 2

ข้อมูลกราวด์กริด: Lx = 12 , Ly = 12 , d = 0.00944 , Lr = 3 , roddia = 0.016 , **numrow = 3** , **numcol = 4** , numrod = 4 , h = 0.50 , perimeter_corner = 1

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณด้วยมือของกรณีที่ 2

Rg(Ω)	GPR(V)	Em(V)	Es(V)	Etouch(V)	Estep(V)
1.079106	2876.94	601.68	425.84	590.15	1868.47

ผลการออกแบบของกรณีที่ 2 ไม่ได้มาตรฐาน (NOT compliant) เนื่องจาก Em > Etouch

กรณีที่ 3

ข้อมูลกราวด์กริด: Lx = 12 , Ly = 12 , d = 0.00944 , Lr = 3 , roddia = 0.016 , **numrow= 4**, **numcol = 4** , numrod = 4 , h = 0.50 , perimeter_corner = 1

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณด้วยมือของกรณีที่ 3

Rg(Ω)	GPR(V)	Em(V)	Es(V)	Etouch(V)	Estep(V)
1.051199	2802.54	519.45	433.68	590.15	1868.47

ผลการออกแบบกรณีที่ 3 ได้มาตรฐาน (compliant) เนื่องจาก (Em < Etouch) และ (Es < Estep)

กรณีที่ 4

ข้อมูลกราวด์กริด: Lx = 12 , Ly = 12 , d = 0.00944 , Lr = 3 , roddia = 0.016 , **numrow = 4** , **numcol = 5** , numrod = 4 , h = 0.50 , perimeter_corner = 1

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณด้วยมือของกรณีที่ 4

Rg(Ω)	GPR(V)	Em(V)	Es(V)	Etouch(V)	Estep(V)
1.028876	2743.02	465.16	436.49	590.15	1868.47

ผลการออกแบบกรณีที่ 4 ได้มาตรฐาน (compliant) เนื่องจาก (Em<Etouch) และ (Es < Estep)

กรณีที่ 5

ข้อมูลกราวด์กริด: Lx = 12 , Ly = 12 , d = 0.00944 , Lr = 3 , roddia = 0.016 , **numrow = 5** , **numcol = 5** , numrod = 4 , h = 0.50 , perimeter_corner = 1

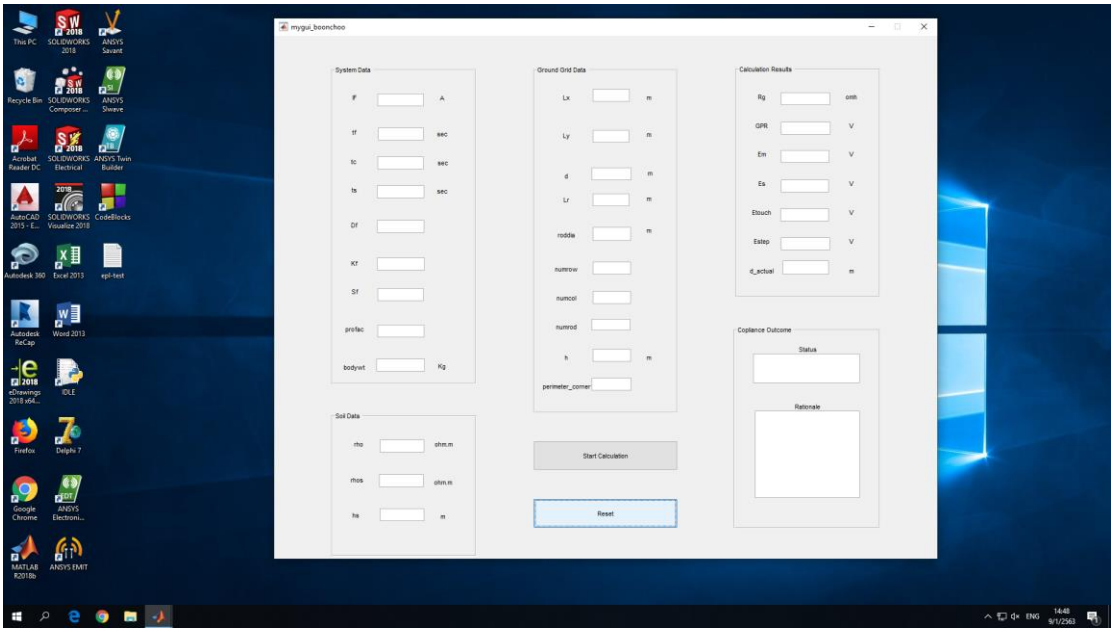
ตารางที่ 5 ผลการคำนวณด้วยมือของกรณีที่ 5

Rg(Ω)	GPR(V)	Em(V)	Es(V)	Etouch(V)	Estep(V)
1.010611	2694.33	415.45	445.78	590.15	1868.47

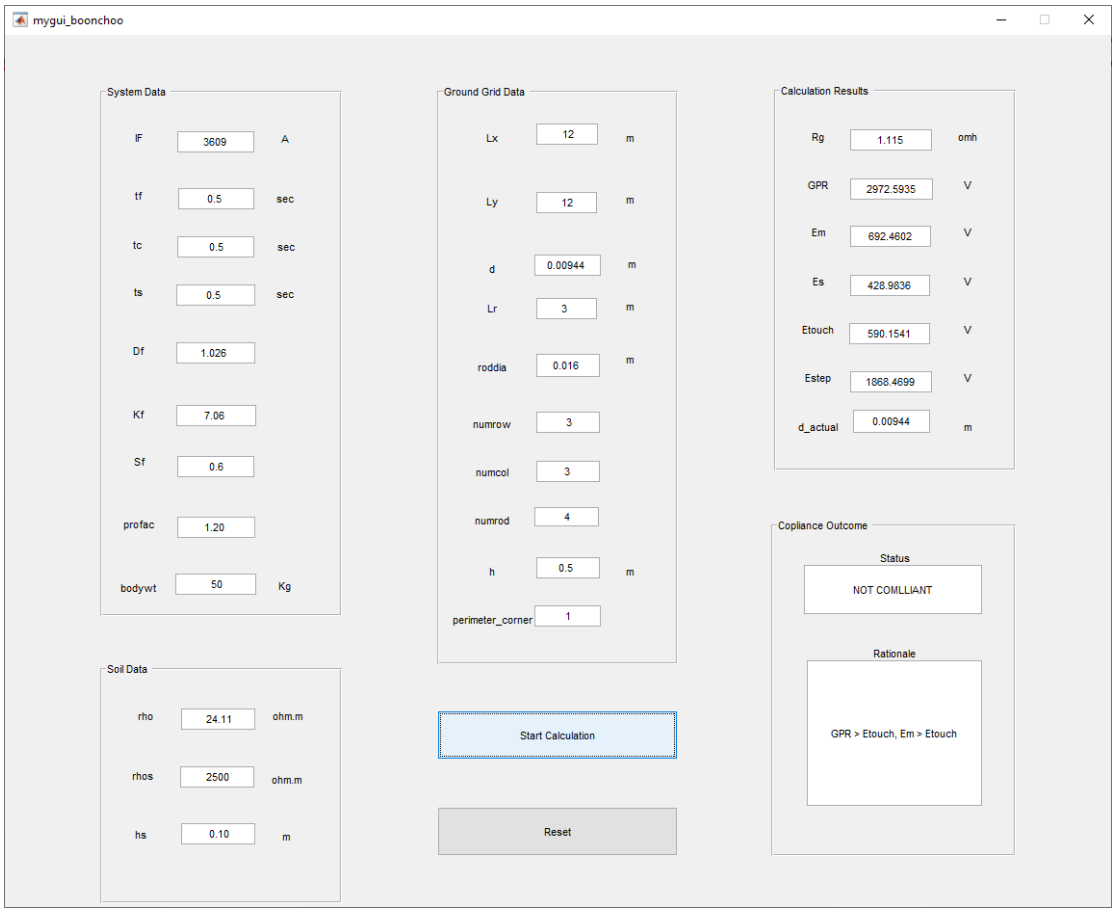
ผลการออกแบบกรณีที่ 5 ได้มาตรฐาน (compliant) เนื่องจาก (Em < Etouch) และ (Es < Estep)

ผลการทดสอบโดยใช้ซอฟท์แวร์นี้ทั้ง 5 กรณีตามลำดับ แสดงผลเป็น GUI ดังแสดงในหน้าจอข้างล่างนี้ ซึ่งผู้ใช้ไม่ต้องเกี่ยวข้องกับโปรแกรมโค๊ดแต่อย่างใดเลย และถ้าป้อนข้อมูลผิดพลาด ก็จะมีกล่องข้อความโต้ตอบได้ด้วย สำหรับซอฟท์แวร์นี้ถ้าผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวเลขหรือค่าติดลบ โปรแกรมจะเปลี่ยนเป็นค่าศูนย์โดยอัตโนมัติพร้อมกับมีกล่องข้อความเตือน

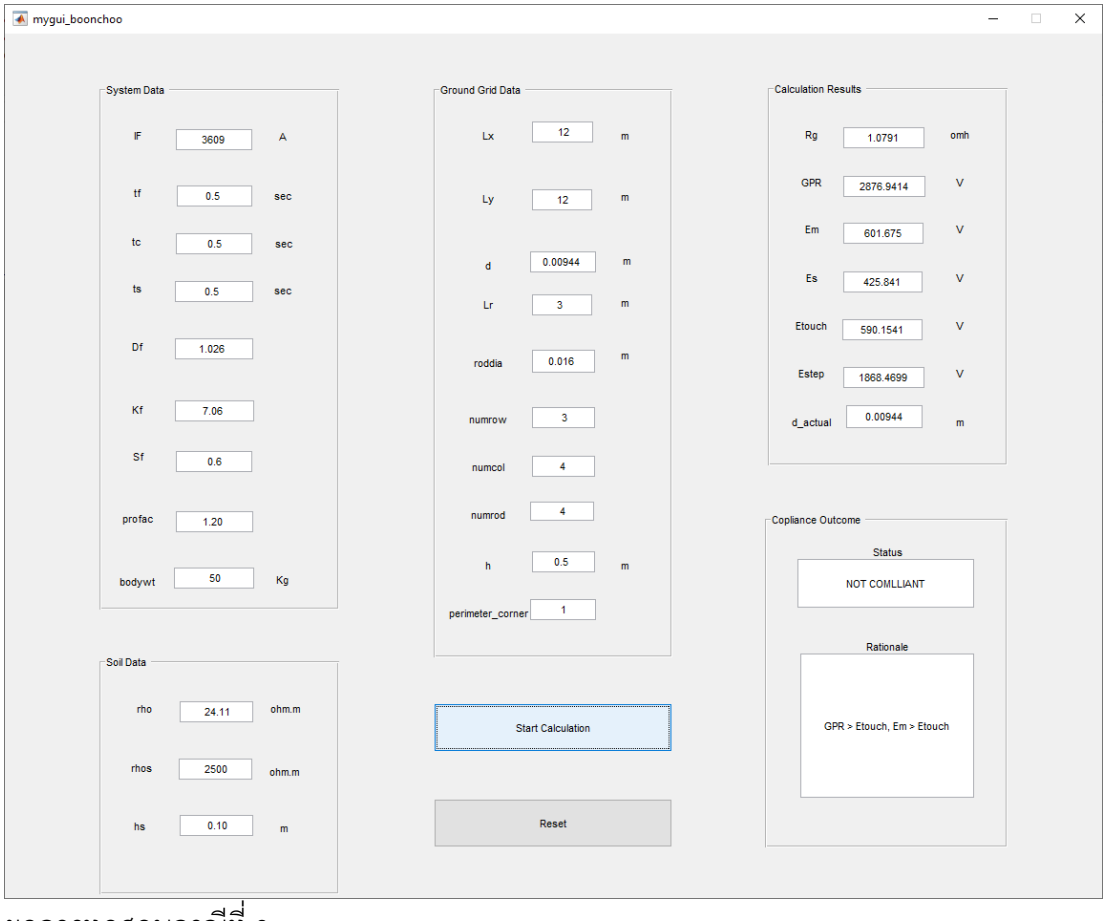
ออกแบบรูปแบบGUI



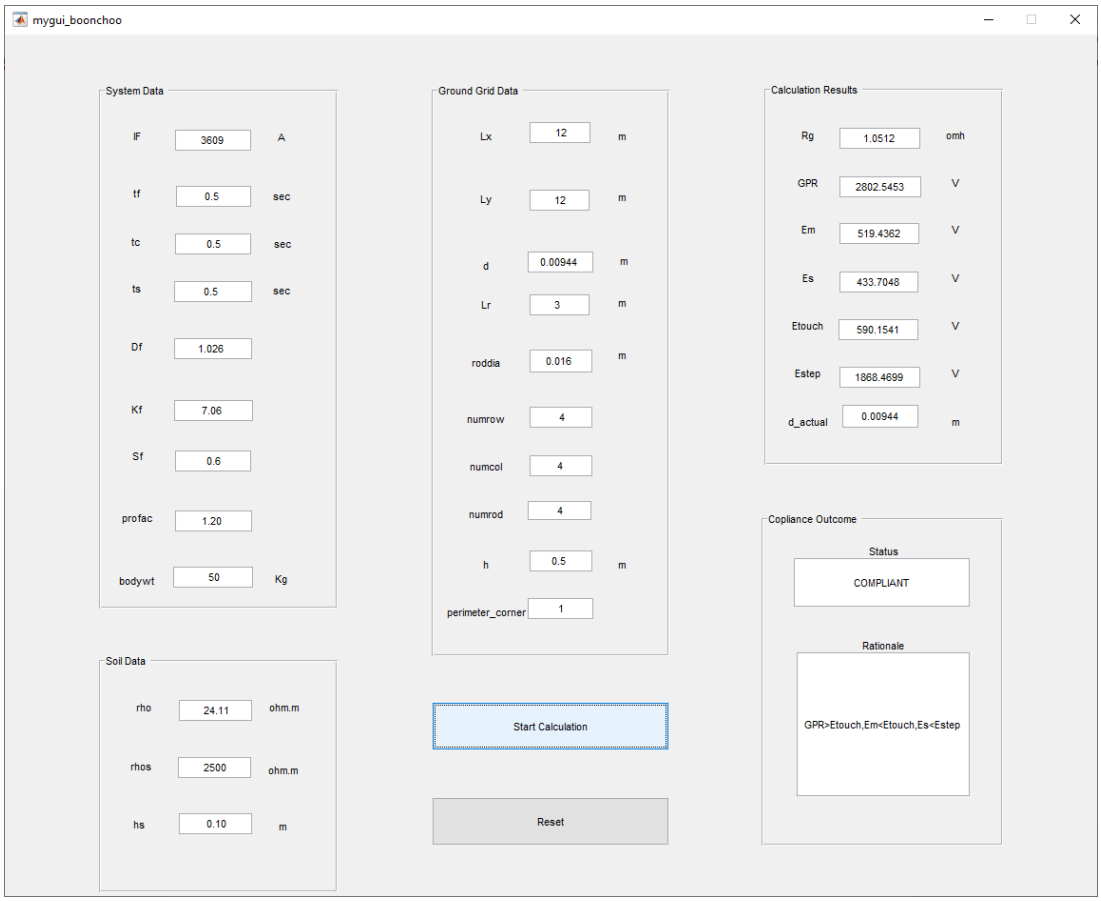
ผลการทดสอบกรณีที่ 1



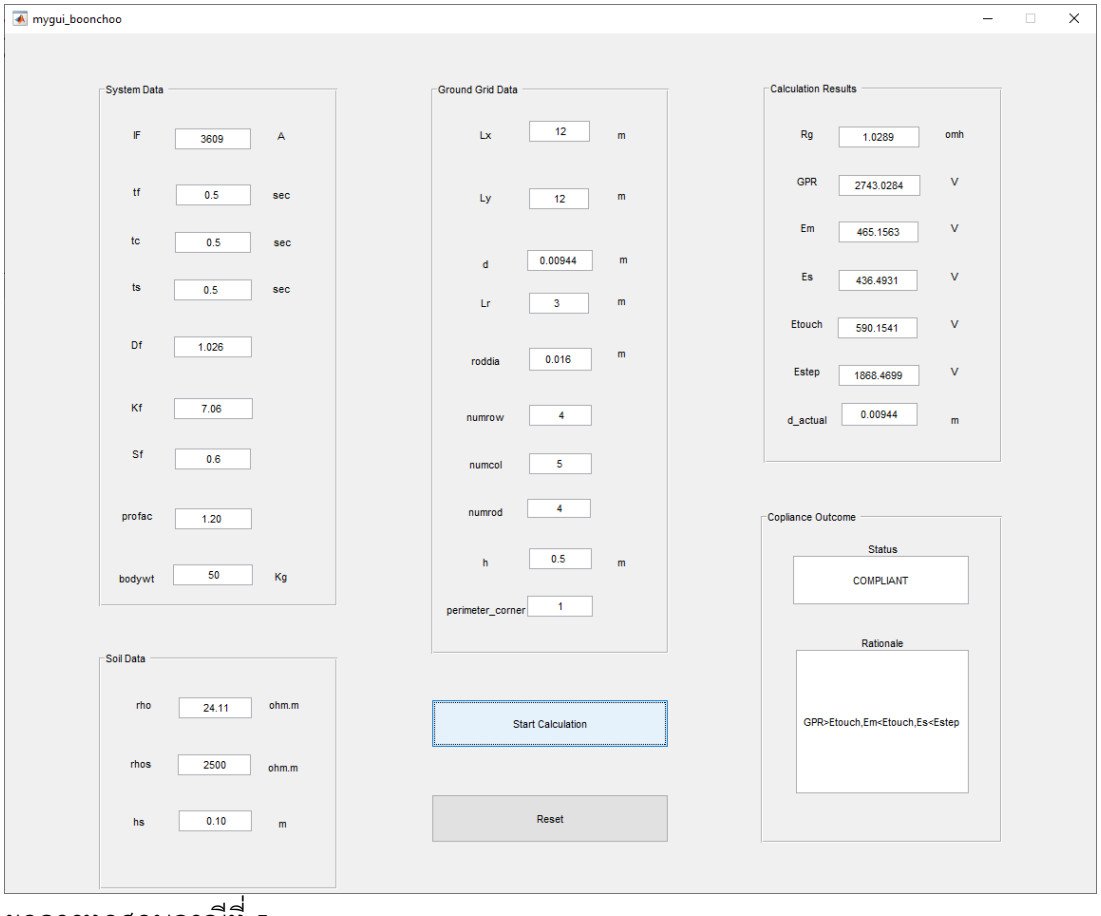
ผลการทดสอบกรณีที่ 2



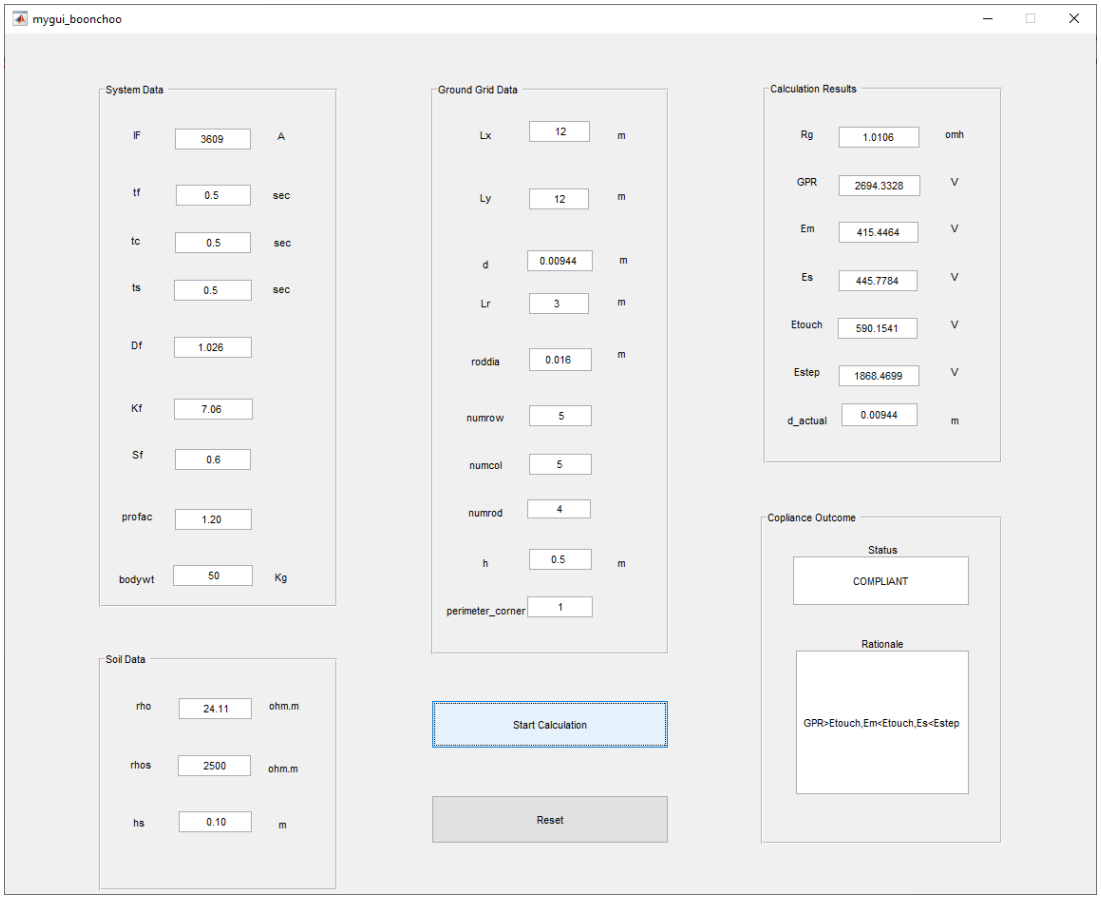
ผลการทดสอบกรณีที่ 3



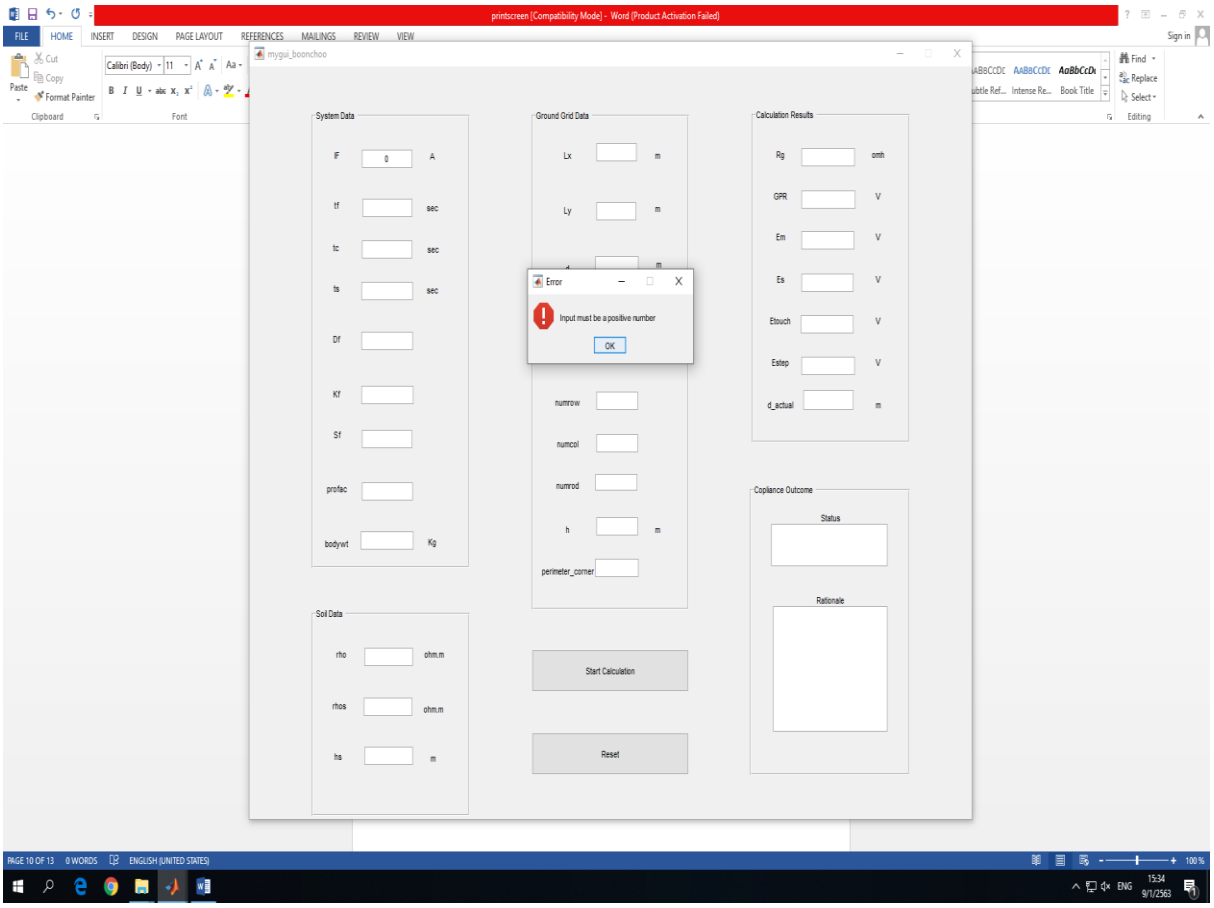
ผลการทดสอบกรณีที่ 4

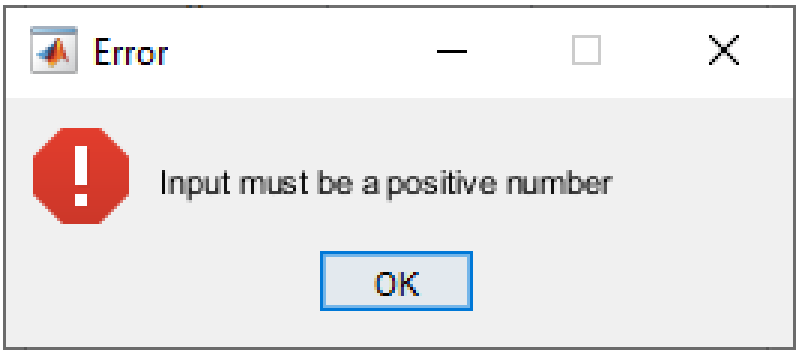


ผลการทดสอบกรณีที่ 5



แสดงกล่องข้อความโต้ตอบเมื่อป้อนข้อมูลติดลบ





5. สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล

ซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ออกแบบกราวด์กริดของสถานีย่อยกระแสสลับตามมาตรฐาน IEEE Std 80-2013 ได้ผลแม่นยำ โดยผ่านการตรวจสอบกับผลการคำนวณด้วยมือว่าตรงกัน และมีการสื่อสารปฏิสัมพันธ์ระหว่างซอฟท์แวร์และผู้ใช้ ทำให้เกิดความสะดวกเนื่องจากผู้ใช้ไม่ต้องเกี่ยวข้องกับคำสั่งโปรแกรมเลย เพียงแต่ป้อนข้อมูลที่หน้าจอและกดปุ่มเริ่มการคำนวณ ผลลัพธ์จะแสดงที่หน้าจอ และยังสามารถเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบได้ที่หน้าจอโดยตรง ทำให้ทดสอบผลของการออกแบบกรณีต่างๆได้รวดเร็ว ถ้าผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวเลขหรือค่าติดลบ โปรแกรมจะเปลี่ยนเป็นค่าศูนย์โดยอัตโนมัติพร้อมกับมีกล่องข้อความเตือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ควรจะพัฒนาต่อไปอีก ให้สามารถหาค่าต่ำสุดของการออกแบบกราวด์กริดของสถานีย่อยกระแสสลับได้ด้วย เพื่อประโยชน์ในการออกแบบที่รวดเร็วขึ้น และเพื่อหาต้นทุนต่ำสุดในการออกแบบและหลีกเลี่ยงการออกแบบที่มากเกินจำเป็น

6. เอกสารอ้างอิง

IEEE Std 80-2013 Guide for Safety in AC Substation Grounding.

IEEE Std 81-2012 Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials.

IEEE Std 142-2007 Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.

Ruengpongsrisuk,B.(2018). A Comparative Study of the Protection Capability against Step Voltages and Touch Voltages Resulting from Different Formation of Multiple Ground Rods for a Grounding System : an In-Line and a Closed-Loop Equilateral Triangle or a Closed-Loop Hollow Square within Kasetsart University, Bangkhen Campus, Proceedings of the Sixth National Symposium and Third International Symposium on Innovation and Technology for Social Development ,Bangkokthonburi University,ITSD (1), 126 – 141.

Ruengpongsrisuk,B.(2019). Software Development of AC Substation Ground Grid Design Using MATLAB, Case Study : 24000-416/240 v, 2500 kVA, Delta-Wye Grounded,Transformer Yard within Kasetsart University, Bangkhen Campus, Ground Grid Area of 12 m x 12 m, Proceedings of the Seventh National Symposium Concerning the Research Work Presentation at Bangkokthonburi University, IDTS21 (1), 57-68.